

Über die biologische Bedeutung des Zellkernes.

I. Über die Abstammung der Erythrocyten der niederen Wirbeltiere von den sog. nackten Kernen.

Von

Witold Komocki, Warschau.

Mit 21 Textabbildungen.

(Eingegangen am 30. Januar 1927.)

In meiner vorherigen Arbeit¹ stellte ich fest, daß die Erythrocyten der Schildkröte von den aus den kleinen Hämatoblasten hervorgehenden großen Hämatoblasten abstammen.

Die kleinen Hämatoblasten sind winzige Gebilde, ungefähr von der Größe eines vollkommen entwickelten Erythrocytenkernes. Der Kern eines solchen Hämatoblasten, von einem sich fast nichtfärbenden Zelleib umgeben, ist selbstverständlich viel kleiner, als diese ganze winzige Zelle; seine färbbare Substanz ist kompakt; man hat es hier also mit einem sog. pyknotischen Kerne zu tun. Woher stammen diese kleinen Zellen? Die Blutuntersuchung bei anderen niederen Wirbeltieren, besonders aber beim Salamander, klärt diese Frage auf.

Aus der erwähnten Arbeit ist es bekannt, daß die Knochen der Schildkröte kein Knochenmark enthalten und aus einer kompakten Knochensubstanz bestehen. In den langen Röhrenknochen des Salamanders ist auch kein Mark vorhanden; es verläuft aber in diesen ein Blutgefäß, dessen Wandung mit der Knochensubstanz gar nicht oder aber nur ganz locker in Verbindung steht. Die Blutzusammensetzung in diesem Gefäß unterscheidet sich nicht in irgendwelcher Weise von der Blutzusammensetzung anderer Teile des Tierorganismus. Außer dem Knochenmarke ist keine Stelle mehr, wo man die Bildung einer größeren Zahl der Erythrocyten im Organismus niederer Wirbeltiere in ihrem außenembryonalen Leben vermuten konnte. Einige Forscher sprachen schon früher die Ansicht aus, daß bei den niederen Wirbeltieren das Knochenmark als Bildungsstätte der Blutzellen keine so überragende Rolle spielt, wie beim Menschen und anderen Säugetieren, ferner daß der Bildungsprozeß dieser Gebilde auch im Blutkreislaufe stattfindet. Mit Rücksicht darauf, daß die Erythrocyten keine beständigen Gebilde seien, und daß ein sehr großer Teil von ihnen stets dem Zerfalle unter-

¹ Archives d'Anat. microscopique 22, Nr. 2. 1926.

liege, sah man sich gezwungen, im Blute selbst die Gebilde, aus denen die jungen Exemplare zum Ersatz des Verlustes, der durch den Zerfall der alten Formen dieser Zellen entstand, zu suchen. Der Kern eines kleinen Hämatoblasten einer Schildkröte ist kleiner als der Kern eines vollkommen entwickelten Erythrocyten; in seinem Kerne aber ist die chromatische Substanz viel kompakter, als beim Erythrocyten; wäre aber diese Substanz etwas lockerer gebaut, nämlich so wie beim Erythrocyten, so wäre der Kern eines Hämatoblasten ungefähr gleich groß dem Kerne eines Erythrocyten.

Über die Abstammung der Erythrocyten beim Menschen und anderen Säugetieren von den Kernen der Erythroblasten spreche ich ausführlicher im zweiten Teile dieser Arbeit; ich sehe mich aber genötigt, auch hier einige Fragen aus diesem Gebiete zu berühren.

Über die Art, wie der Schwund der Kerne der roten Blutzellen beim Menschen und Säugetier erfolgt, sind bekanntlich die Meinungen geteilt. Die einen nehmen Auflösung des Kerns im Zellkörper an; die anderen Ausstoßung aus der Zelle; die dritten lassen beide Möglichkeiten gleichzeitig zu. Ich denke, die Gesamtzahl der Meinungen der Forscher der 2. und 3. Gruppe, d. h. derjenigen mit der Behauptung, der Kern verließe stets die Zelle, und derjenigen, die diesen Prozeß nur für eine bestimmte Erythrocytengruppe zulassen, zeigt, daß der Hauptteil der Untersucher das Heraustreten der Kerne aus den Erythrocyten für eine zweifellose Sache ansieht. Was das weitere Schicksal des aus dem Erythrocyten herausgetretenen Kernes betrifft, so behaupten alle Forscher übereinstimmend, daß er sich entweder in den Körpersäften auflöse oder aber durch die Phagocyten vernichtet würde. Ich bezweifle sehr die Richtigkeit dieser beiden Meinungen, besonders deswegen, weil man heutzutage auf Grund zahlreicher Untersuchungen genau unterrichtet ist, wie groß die Bedeutung des Kernes im Leben jeder Zelle sei. In meinen vorherigen Arbeiten¹ erwähnte ich kurz die mir aus diesem Gebiete zugänglichen Arbeiten; auch bewies ich selbst, daß die im Protoplasma der Leukocyten sich befindenden Körnchen die vom Kerne abgerissenen Teilchen der chromatischen Substanz seien und im Protoplasma weiter verändert würden. Ich möchte noch vermerken, daß man die Erythroblasten, die ihre Kerne verlieren, nicht für alte Zellen ansehen darf, weil die kernlosen Erythrocyten, die nach dem Kernaustritt aus ihnen entstehen, lebenskräftige, für eine noch langdauernde physiologische Funktion bestimmte Gebilde sind. Deswegen ist es zu bezweifeln, daß sich ein Kern, in dem so viel potentielle Energie angelegt ist, wie ein Kadaver in den Körpersäften oder aber im Leukozytenprotoplasma auflösen soll.

¹ I. c. und Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. 248, H. 1/2. 1924.

Die vorliegenden Untersuchungen führte ich entweder auf Ausstrichblutpräparaten aus, die nach der Methode von *Pappenheim* gefärbt wurden, dabei strich ich den Blutstropfen sofort nach seinem Heraustreten aus der verletzten Körperstelle aus, oder aber ich untersuchte das mit Osmiumsäurelösung (1% Ac. osmicum ein Teil und physiologische Kochsalzlösung — 2 Teile) vorbehandelte Blut, ungefärbt. Um die Zellen am wenigsten zu schädigen, wurde das verletzte Tier so gehalten, daß die aus der Wunde schnell fließenden Blutstropfen in ein Gefäß mit einer fixierenden Flüssigkeit aufgefangen wurden; um die Flüssigkeit sofort allen Zellen zuzuführen, wurde dies Gefäß in schnell rotierende Bewegung versetzt. Die eben beschriebene Blutzellenuntersuchungsmethode hat einen großen Vorteil, weil die einzelnen Zellen nicht zu einem Gewebsklumpen zusammenbacken; man ist somit imstande, jede Zelle gesondert zu untersuchen. Es ist doch sehr schwer, bei einer Untersuchung des in Mikrotomschnitten zerlegten Gewebes festzustellen, wo die eine Zelle anfängt und die andere endet; wie schwer ist es ferner, sich selbst, geschweige andere Beobachter zu überzeugen, daß sich auf der zu untersuchenden Stelle ein nackter protoplasmaloser Kern befindet. Es sind doch Zellen bekannt, nämlich die Lymphocyten, die nur eine sehr geringe Protoplasmamenge besitzen, dabei liegt es oft nicht auf der ganzen Kernoberfläche, sondern an einem kleinen Teile. Wenn man noch bedenkt, daß das Erhalten ganz feiner Schnitte mit dem Einbetten des Gewebes in Paraffin oder Zelloidin verbunden, und daß bei dieser Maßnahme eine Gewebsschrumpfung nicht zu vermeiden ist, so muß man den Schluß ziehen, daß es bei der zurzeit gebräuchlichen histologischen Technik fast unmöglich sei festzustellen, ob man es bei der Untersuchung mit einem nackten Kerne zu tun hat. Einige Forscher sind noch jetzt der Meinung, der Kern trete mit einer gewissen Protoplasmamenge aus dem Erythrocyten heraus.

Ich habe schon in einer meiner früheren Arbeiten (l. c.) die günstigen Seiten der Zelluntersuchung auf Ausstrichpräparaten weitgehend erwähnt. Ich möchte noch hinzufügen, daß das beste Maß für den Schrumpfungsgrad des Gewebes und der in ihm sich befindenden Zellen auch die Erythrocyten vorstellen: wenn man die Erythrocyten eines Menschen in einem histologischen Präparat mit denselben in einem Ausstrich — oder aber in einem mit Osmiumsäurelösung vorbehandelten Präparat vergleicht, so sind die ersterwähnten viel kleiner.

Es wundert also nicht, daß einige Untersucher, wie z. B. *Betances* und *Naegeli*, der Meinung sind, daß bei den feineren Blutzellenuntersuchungen am meisten maßgebend die Beobachtungen an den nach Ehrlich fixierten Blutpräparaten seien. Das Ergebnis der Einführung dieser Methode in die Wissenschaft war, wie bekannt, eine bedeutende Erweiterung und Vertiefung unserer Kenntnisse über die Struktur der geformten Blut-

bestandteile. Es wäre hier noch die unlängst von v. Möllendorff¹ ausgesprochene Meinung zu erwähnen, nämlich — bei der Untersuchung des Bindegewebes haben die histologischen Schnitte nur so weit Bedeutung, soweit sie die topographische Übersicht eines bestimmten Gewebsbezirkes erlauben; für eine subtile Zelluntersuchung des Bindegewebes taugen die histologischen Schnitte nicht. Auch Stieve² behauptet, daß man in diesen Präparaten nur die Kerne sehe, das Zellprotoplasma sei viel zu wenig angedeutet. Dies alles in Betracht ziehend, wäre es angezeigt, die Bemühungen einiger Untersucher, wie z. B. Heringa³, die zur Überprüfung und nachfolgender Änderung der heutigen histologischen Technik, besonders aber zur Ausschließung des Alkohols und der Einwirkung hoher Temperaturen, streben, zu unterstützen.

Ich zeigte schon (l. c.), daß im Schildkrötenblute der amitotische Teilungsprozeß der Hämatoblasten sehr energisch sei. Aus den Hämatoblasten bilden sich die Erythrocyten. Im Anschluß daran komme ich zum Schlusse, daß bei den Wirbeltieren die Erythrocyten in sehr großen Mengen zerfallen. Und wirklich, man findet sehr oft in den nach Pappenheim gefärbten Ausstrichpräparaten rote Blutkörperchen, deren Hämoglobin sich sehr schwach mit Eosin färbt; in einigen wieder ist der Kern nur von ganz kleinen Hämoglobinmengen umgeben; der Kern in diesen Zellen verliert sein gekörntes Aussehen, er wird größer, wie aufgequollen, dabei färbt er sich in allen seinen Teilen gleichmäßig, aber viel schwächer, als der Kern anderer noch nicht zerfallender Zellen. Diese Kerne liegen oft nicht in der Zellmitte, sondern mehr nach dem Rande zu; man sieht auch Zellen, wo nur ein Teil des Kernes in ihnen liegt, der andere aber schon außerhalb derselben. Ähnliche Bilder stellte ich auch im Blute des Axolotls, das ich in der erwähnten Osmiumsäurelösung untersuchte, fest. Ich sah, daß der eben aus der Zelle herausgetretene Kern noch mit ihr durch ein ganz dünnes Strängchen verbunden war. Es wäre noch zu erwähnen, daß die Forscher das öftere Vorhandensein vollständig kernloser Erythrocyten im Blute niederer Wirbeltiere zugeben. Ich stellte dies ebenfalls fest; ich möchte noch bemerken, daß die kernlosen Erythrocyten viel kleiner als die kernhaltigen sind.

Auf Grund dieser Tatsachen untersuchte ich fleißig das Blut niederer Wirbeltiere, besonders aber das des Salamanders (*Salamandra maculosa*); ich überzeugte mich, daß in ihrem Blute viele sog. nackte, protoplasmalose Kerne schwimmen, dabei sind sie viel größer bei Tieren, die große Erythrocyten besitzen, wie z. B.: beim Proteus, Axolotl und Salamander, als bei Tieren, deren Erythrocyten kleiner sind, wie z. B.: bei der Schildkröte und beim Huhn. Ich möchte noch bemerken, daß

¹ Verhandl. der Anatom. Gesellschaft in Freiburg i. Br. 1926.

² Ibidem, Diskussion nach dem Vortrage v. Möllendorff.

³ Zeitschr. f. mikroskop.-anat. Forsch. 1, H. 4.

in der Zeit, als die Färbemethoden noch nicht so vervollkommen waren, besonders aber in der Zeit, die der Entdeckung der Methode von *Romanowski* vorausging, es nicht immer leicht war, das Vorhandensein geringster Protoplasmamengen um den Kern festzustellen; selbstverständlich war die Schwierigkeit bei der Untersuchung ungefärbter Präparate noch größer. Jetzt aber sind wir dank der Färbemethode von *Pappenheim* imstande, auch sehr geringe Protoplasmamengen auf der Kernoberfläche festzustellen. Daß man es wirklich mit einem protoplasma-losen Kern zu tun hat, ist man übrigens imstande, auch auf anderem Wege festzustellen, nämlich durch Feststellung des Anfangsstadiums der Protoplasmabildung im Kerne selbst und durch das Verfolgen der weiteren Metamorphose der aus dem Kerne entstehenden Zelle.

Um diese Vorgänge zu klären, ist es nötig, sich zuerst mit der Analyse der Kernstruktur eines reifen Salamandererythrocyten zu befassen. Die großen Chromatinanhäufungen dieser Kerne, die sich mit den verschiedenen Abstufungen des Violetts färben, befinden sich in ihnen in Form von ungleichmäßig verteilten Klümpchen; oft trifft man die Anhäufungen im Mittelteil des Kernes, wie es Abb. 1 zeigt¹. Der Rest der Chromatinmasse färbt sich im allgemeinen rot, das aber stellenweise einen violetten Ton annimmt. Man bemerkt, daß in den Erythrocytenkernen die Stelle, wo das Chromatin mehr kompakt angelegt ist, sich stärker violett färbt; umgekehrt, wo die Chromatinsubstanz lockerer ist, färbt sie sich in alle Tönungen des Rots. Man hat es hier mit der bekannten Tatsache zu tun, daß beim Färben mit der gleichen Lösung ein kleinerer Substanzteil einen anderen Ton, als eine größere Anhäufung derselben, annimmt.

Ich gehe jetzt zur Beschreibung der nackten Kerne im Blute des Salamanders über. Sie kommen in verschiedenen Formen vor. Diese kann man in 2 Gruppen einteilen: zu der ersten gehören die Kerne mit einer so kompakten Chromatinsubstanz, daß man nicht imstande ist, die Feinheiten ihres Baues festzustellen; man hat es hier mit einem sog. pyknotischen Kerne zu tun; diese Kerne färben sich stark violett, fast schwarz (Abb. 2). Zur 2. Gruppe kann man diejenigen Kerne, deren Substanz nicht an allen Stellen gleichmäßig gelockert ist und die sich rot mit einer starken violetten Schattierung färben, rechnen; in diesen Kernen sieht man oft in verschiedenen Richtungen verlaufende Striche und Kanäle, die als Ausdruck einer starken Lockerung der Chromatinsubstanz anzusehen sind (Abb. 3). Auf Abb. 4 sind diese Striche sehr dicht angelegt und verlaufen in verschiedenen Richtungen; man hat den Eindruck, einen Fadenknäuel vor den Augen zu haben. Selbstverständlich

¹ Die Abb. 2, 5, und 6 sind schwarz, Abb. 1, 7, 8, 13 und 14 nur schwarz und rot ausgeführt; bei diesen Abbildungen bitte ich also auf die genaue Beschreibung im Text besonders zu achten.

findet man zwischen diesen freien Kernen manchmal Formen, die schwer einzuordnen sind. In den Kernen, die zur Gruppe 1 (Abb. 2) und auch zur Gruppe 2 (Abb. 3 und 4) gehören, kann sich Protoplasma bilden; es umringt entweder den Kern oder nimmt einen bestimmten Teil seiner Oberfläche ein. Auf Abb. 5 und 6 bilden sich in der Chromatinsubstanz Stellen von runder Form, in denen das Chromatin sehr stark aufgelockert ist, sie färben sich in der Zelle Abb. 5 rötlichviolett; in der Zelle Abb. 6 sind zwei ähnliche Stellen, die sich überhaupt nicht färben, und zwischen ihnen eine dritte, rötlichviolett gefärbte (wie auf Abb. 5), zu sehen. Auf Abb. 6 ist so eine Vakuole mit einem kleinen Protoplasmafortsatz, in dem sich kleine, rotgefärbte Körnchen befinden, verbunden. Diese Körnchen sind selbstverständlich vom Kerne abgerissene Chromatinteilchen. In diesen Vakuolen spielt sich höchstwahrscheinlich

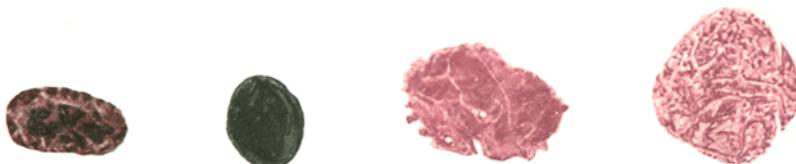


Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 3.

Abb. 4.

Die Abbildungen sind bei Oc. 4, Obj. Homog. Im. $1/12$ Reichert ausgeführt.



Abb. 5.

Abb. 6.

Abb. 7.

Abb. 8.

der Bildungsprozeß des Protoplasmas aus der Kernsubstanz ab; in der Zelle Abb. 5 sieht man, wie das Protoplasma in der Nähe einer sich bildenden Vakuole auf die Kernoberfläche hinausgewandert ist. Auf Abb. 7 (ich empfehle, diese Abbildung auch mit einem Vergrößerungsglase zu betrachten) ist ein noch sich ziemlich stark violett färbender Kern, der sich schon aufzulockern anfängt, zu sehen; aus diesem Kerne treten an seiner ganzen Zirkumferenz Chromatinsubstanzfäden hervor; sie sind in seinem unteren Teile besonders gut zu sehen. Hier hat man schon eine Zelle, nämlich einen von allen Seiten mit einer fadenförmigen, gekörnten Substanz, die ihm gar nicht ähnlich zu sein scheint, umringten Kern vor sich; diese Substanz, die der Umwandlung noch nicht unterlag, besitzt die Merkmale einer chromatinen Substanz, nämlich Chromatinfäden und Körnchen-Chromidien. Das Ausstoßen von Chromatin-körnchen auf die Kernoberfläche kommt auch bei Kernen von einer sehr kompakten Struktur vor, wie es auf Abb. 8 zu sehen ist. Einen ähnlichen Vorgang bemerkte man auch auf Abb. 9: hier ist die Chromatin-

substanz des Kernes viel stärker, besonders in der Mitte, aufgelockert. Abb. 10 läßt annehmen, daß die Umbildung der Chromatinsubstanz in eine Protoplasmasubstanz — ohne Vakuolen zu bilden — in einem Kerne vor sich gehen kann; das vollkommen ausgebildete Protoplasma (es färbt sich blau) befindet sich in Form von 3 ganz kleinen Ausläufern schon im oberen Kernteile; in seinem unteren Teil sieht man einen Chromatinfortsatz. Abb. 11 stellt wahrscheinlich einen Kern im Zuge amitotischer Teilung dar; auf diesem fein ausgeführten Bilde sieht man, wie rechts die Kernchromatinsubstanz in Körnchen zerfällt; diese färben sich um so stärker blau, je mehr sie sich der Kernperipherie nähern; es sind deswegen Stellen zu sehen, wo die Kernsubstanz und das aus ihr entstehende Protoplasma gründlich durchmischt sind; man hat den Eindruck, das aus dem Kerninnern herausquellende Protoplasma reiße die Chromatinkörnchen mit sich zur Peripherie mit; in Wirklich-



Abb. 9.



Abb. 10.

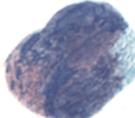


Abb. 11.



Abb. 12.



Abb. 13.



Abb. 14.

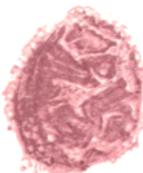


Abb. 15.

keit aber bilden sich diese Körnchen selbst in Protoplasma um — ein deutlicher Beweis für die Entstehung des Protoplasmas im Kerne selbst (auch diese Abbildung rate ich mit einem Vergrößerungsglase zu betrachten). Die Abb. 12, 13 und 14 stellen die Hämatoblastenbildung aus den nackten Kernen dar. Auf Abb. 12 teilt sich der Kern amitotisch; er bildet sich gleichzeitig in 2 Hämatoblasten um; rechts sondert sich aus der sich dunkel-violett färbenden kompakten Chromatinmasse eine weniger kompakte Chromatinsubstanz ab; sie färbt sich infolgedessen rot mit einer violetten Schattierung; weiter zur Peripherie befindet sich eine dem Hämatoblastenprotoplasma ähnliche, sich äußerst schwach färbende Substanz; links ist ein in einem noch früheren Stadium sich befindender ähnlicher Vorgang: hier beobachtet man in einem ganz feinen Stückchen des sich nicht färbenden Protoplasmas zwei Chromatin-körnchen, die sich höchstwahrscheinlich in die Protoplasmasubstanz umwandeln und somit ihre Menge vergrößern werden. Sehr lehrreich

ist die Abb. 13. Hier ist die amitotische Kernteilung in einem viel weiter vorgeschrittenen Stadium: der Vorgang kommt schon zum Abschluß. Auf der linken Seite des oberen Kernes befindet sich ein aus ihm heraustretender Chromatinfortsatz; er färbt sich noch violett, aber viel schwächer als der Kern selbst; dieser Fortsatz ist von einer noch mehr aufgelockerten Chromatinsubstanz, die infolgedessen sich schon stärker rot färbt, bedeckt; schließlich ist diese Schicht durch eine sich noch schwächer färbende Substanzschicht bedeckt, dabei lagern in ihr viele Chromatinkörnchen, durch deren Umwandlung diese Substanz entsteht. Dies Bild zeigt also die allmähliche Verdünnung der Chromatinsubstanz und ihre Umwandlung in die Substanz des Protoplasma. Abb. 14 stellt eine weitere Stufe der Hämatoblastenbildung dar. Die Abb. 15 gibt eine weitere Umwandlungsstufe der von mir zur Gruppe 2 angerechneten und auf Abb. 3 und 4 dargestellten Kerne. Man sieht also einen dem auf Abb. 7 ähnlichen Vorgang; nämlich, der Kern schleudert auf seine Oberfläche Chromatinfäden und -Körnchen, die sich viel schwächer als dieser rot färben; eine Menge dieser Fäden und Körnchen trennt sich deutlich vom Kerne ab.

Auf Abb. 16 und 17 geht dieser Vorgang in seiner ganzen Deutlichkeit vor, besonders auf Abb. 17: hier ist es schon kein nackter Kern mehr, sondern eine Zelle; das Protoplasma dieser Zelle ist aber ausschließlich aus Chromatinfäden, die kraß aus dem Kerne heraustreten, gebildet; aber der Kern selbst besteht auch aus diesen Fäden, mit dem Unterschied, daß sie einen dichten Knäuel bilden; deswegen nimmt der Kern einen mehr violetten Ton an.

Leider konnte ich nicht Zellexemplare finden, wo ich den weiteren Umwandlungsverlauf dieser rund um den Kern liegenden Chromatinfäden in die gewöhnlich zu treffende Protoplasmasubstanz verfolgen konnte. Diese Zellen mit fadenförmigem Protoplasma sind wahrscheinlich identisch mit denen, welche von mehreren Untersuchern als sog. „myoide Zellen“ in Gl. Thymus bei niederen Vertebraten beschrieben wurden. Einen ähnlichen Heraustretungsvorgang der Chromatinfäden und Chromatiden aus der ganzen Kernperipherie beschrieb kürzlich *Kremer*¹ bei der Insektenmetamorphose (l. c. Abb. 3, Tab. 5); ich bespreche noch *Kremers* Arbeit im II. Teile meines Aufsatzes.

Sehr bemerkenswert ist auch der Umstand, daß der in Abb. 15, 16 und 17 vorgestellte Vorgang auch dann vor sich gehen kann, wenn der Kern aus irgendwelchem Grunde aus den Erythrocyten nicht heraustritt (Abb. 18, 19 und 20). In solchen Fällen kommt es zu einem Hämoglobinschwund. Diese Abbildungen zeigen widerspruchsfrei, daß alle oben beschriebenen Umwandlungen des nackten Kernes in Wirklichkeit die Umwandlungen der Erythrocytenkerne seien. Diese Abbildungen belehren

¹ Zeitschr. f. mikroskop.-anat. Forsch. 4. 1926.

ferner darüber, daß der Kern aus Chromatinfäden, diese wieder aus Chromatinkörnchen-Chromidien, zusammengestellt sind.

Auf Abb. 21 sieht man einen Kern mit einem ziemlich stark aufgelockerten Chromatinnetze; in der Kernmitte liegt eine sich grau-blau färbende Substanz. Es wäre zu denken, daß gerade hier die Protoplasmasubstanzbildung begonnen hat: man hat hier höchstwahrscheinlich einen großen Nucleolus vor sich. Auf der Peripherie dieses Kernes — oben und rechts unten — bildet ein Chromatinfaden einen Bogen über den Kern und umgrenzt hier eine leere Stelle; die fertige Protoplasmasubstanz wird aus der Kernmitte höchstwahrscheinlich auf die Oberfläche herausschwimmen, um diese leere Stelle auszufüllen.

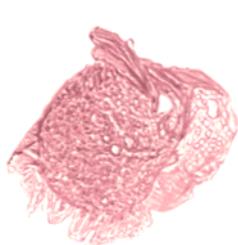


Abb. 16.

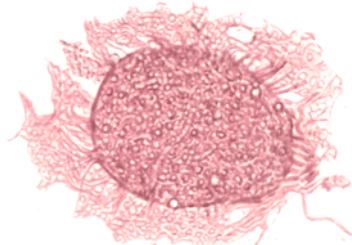


Abb. 17.

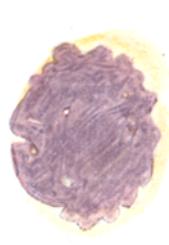


Abb. 18.

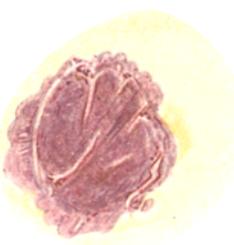


Abb. 19.

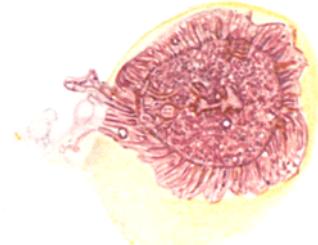


Abb. 20.

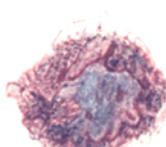


Abb. 21.

Wenn ich alle meine in dieser Arbeit beschriebenen Beobachtungen zusammenfasse, so komme ich zu folgendem Schluß: es unterliegt keinem Zweifel mehr, daß aus den Kernen, die aus den Erythrocyten heraustraten oder aber ihr hämoglobinhaltiges Protoplasma infolge vollständigen Schwundes einbüßten, sich wieder Erythrocyten bilden. Dieser Prozeß kommt nicht allen Erythrocyten zu; ein Teil von ihnen zerfällt vollständig samt Kern und Hämoglobin. Es ist doch klar: umfasse dieser Erneuerungsvorgang ohne Ausnahme alle Erythrocyten, so hätten wir einmal keine Teilung der nackten Kerne, ferner die aus ihnen entstandenen Hämatoblasten beobachtet.

Diese Teilung ist doch bei allen niederen Wirbeltieren vorhanden, besonders energisch aber bei der Schildkröte.

Es entstehen noch viele Fragen, unter anderen auch die, ob aus einigen Kernexemplaren der Erythrocyten sich auch Leukocyten bilden können. Das Blut der niederen Wirbeltiere, wie auch das Blut und Knochenmark der Säugetiere untersuchend, konnte ich mir darüber kein endgültiges Urteil machen. Das Vorhandensein von Zellen, die auf Abb. 7 dargestellt sind, schließt, wie ich glaube, eine solche Metamorphose nicht vollkommen aus. Hätte sich in der Zukunft gezeigt, daß aus den Erythrocytenkernen sich auch Leukocyten bilden können, und daß die letzteren nicht lange am Leben bleiben und dem Zerfalle unterliegen, so könnte man die Meinung über das vollständige Verschwinden der Kerne eines gewissen Teiles der Erythrocyten ablehnen. Die Teilung der Hämatoblasten und der nackten Kerne wäre dann als ein Vorgang zur Ausfüllung des Leukocytenverlustes zu betrachten.
